

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G11B21/21, G11B5/455

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G11B21/21, G11B5/455, G11B21/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-173032 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 23 June, 2000 (23.06.00), Par. Nos. [0062] to [0074] & US 6105432 A	1-3, 9, 11, 13-18 4-8, 10, 12
Y	JP 2000-76634 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 March, 2000 (14.03.00), Par. Nos. [0025] to [0027] & US 6105432 A	4-8, 12
Y	JP 2000-251431 A (Hitachi, Ltd.), 14 September, 2000 (14.09.00), Par. Nos. [0004] to [0010] & US 6414821 A	10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 January, 2005 (20.01.05)

Date of mailing of the international search report
08 February, 2005 (08.02.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/015911

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 27749/1989 (Laid-open No. 117708/1990) (Fujitsu Ltd.), 20 September, 1990 (20.09.90), Full text (Family: none)	1-18
A	JP 11-203637 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 July, 1999 (30.07.99), Full text & US 6414821 A	1-18

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C17 G11B21/21
G11B 5/455

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C17 G11B21/21
G11B 5/455
G11B21/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2000-173032 A (松下電器産業株式会社) 2000. 06. 23 段落【0062】-【0074】 & US 6105432 A	1-3, 9, 11, 13-18
Y		4-8, 10, 12
Y	JP 2000-76634 A (松下電器産業株式会社) 2000. 03. 14 段落【0025】-【0027】 & US 6105432 A	4-8, 12

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 01. 2005

国際調査報告の発送日

08. 2. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

鈴木 重幸

5Q 9653

電話番号 03-3581-1101 内線 3590

C (続き) . 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 2000-251431 A (株式会社日立製作所) 2000.09.14 段落【0004】-【0010】 & US 6414821 A	10
A	日本国実用新案登録出願1-27749号 (日本国実用新案登録出願公開2-117708号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム (富士通株式会社) 1990.09.20 全文 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 11-203637 A (松下電器産業株式会社) 1999.07.30 全文 & US 6414821 A	1-18

明細書

接触検査装置、磁気ディスク装置の接触検査装置及びその接触検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、回転体に、その回転体の振動に応じた検出出力を発生する検出素子を搭載し、回転体への他の物体の接触を検出する接触検査方法および接触検査装置に関し、特に、磁気ディスク装置の記録媒体である磁気ディスクと磁気ヘッドを搭載したスライダとの機械的特性ならびにトライボロジー的特性の評価に好適な接触検査方法および接触検査装置に関する。

背景技術

[0002] 磁気的に情報の記録再生を行う磁気ディスク装置は、記録媒体である磁気ディスクの記録再生面に対して磁気ヘッドを搭載したスライダを略一定の間隔で浮上させて、情報の記録再生を行う極めて精密な装置である。この磁気ディスク装置のアクチュエータ・アームは、その先端にスライダが取り付けられており、そのスライダに情報の記録、再生の少なくとも一方を行う磁気ヘッドを内蔵している。一般的に、磁気ヘッドはスライダの磁気ディスクに対向する空気潤滑面の空気流出端近傍に配設されており、磁気ディスクの回転にともなって発生する空気流を、空気潤滑面と磁気ディスク表面の間に引き込み、それによってスライダは磁気ディスクから浮上している。

[0003] こうしてスライダは、回転する磁気ディスク上を浮動する。その浮動高度は、空気潤滑膜の厚さであり、すなわち、磁気ディスク表面とスライダとの距離である。このように、スライダの磁気ディスクに対向する面は空気潤滑面をなし、スライダと磁気ディスクとの間に自己加圧式の空気潤滑膜を形成し、かつ、これを維持している。この膜によって、磁気ディスク回転中にスライダと磁気ディスクが機械的に接触し難くなり、摩擦および摩耗が抑制されている。

[0004] 近年、磁気ディスク装置のデータ記録密度の向上は著しく、その記録密度の増加は年率100%ともいわれている。この著しい記録密度の増加は、高密度再生特性に優れたGMRヘッドの採用や磁気ディスク表面の記録トラックの狭トラック化によって

達成されるものであるが、同時に磁気ヘッドを搭載するスライダの磁気ディスクに対する浮上量も小さくする必要がある。現在その浮上量は10nm程度まで極小化され、さらに小さくすることが要求されており、装置の信頼性の確保のためには、スライダおよび磁気ディスクの機械的特性ならびにトライボロジー的特性を評価することがますます重要となってきた。

[0005] このような評価を実施するために、各種の検査装置が従来から使用されているが、その1つとして、スライダと磁気ディスクの接触検査装置がある。この種の接触検査装置としては、例えば、特公平6-40065号公報および特開平8-297816号公報に記載の技術等が知られている。

[0006] 図12は、従来から使用されているスライダと磁気ディスクとの接触検査装置の一例である。図12において、1は記録媒体である磁気ディスク、2は磁気ディスク1への信号の記録再生を行う磁気ヘッド(図示せず)を搭載したスライダ、3は磁気ディスク1を保持した状態でこれを回転させる回転保持機構としてのスピンドル、7はスピンドル3を駆動するスピンドル駆動回路、6はスライダ2を支持するアーム、5はアーム6を駆動するボイスコイルモータ、8はボイスコイルモータ5を駆動するアクチュエータ駆動回路である。

[0007] そして、前記磁気ディスク1は、スピンドル3に例えばねじ止め等によって固定されている。また、スライダ2は、例えばAl2O3-TiCに代表されるセラミックス材料からなり、スライダ2の磁気ディスク1との対向面には、機械加工あるいはエッチング等によって図示しない空気潤滑面が形成されている。

[0008] アーム6は、スライダ2の磁気ディスク1への押し付け方向にばね性を有しており、これによってスライダ2の空気潤滑面が磁気ディスク1の記録再生面に例えば20mNといつた一定の荷重で押圧されている。また、このアーム6は、ボイスコイルモータ5に取り付けられており、ボイスコイルモータ5の軸を中心にして例えば30度の一定の範囲で回動する。そして、そのボイスコイルモータ5の回転に伴い、アーム6は磁気ディスク1の記録再生面に略平行に揺動し、これに伴ってスライダ2が磁気ディスク1の略半径方向に移動するようになっている。

[0009] アーム6の上には、振動検出素子としてのAEセンサ12が搭載されている。このAE

センサ12は、例えば圧電素子(PZT)によって構成されており、スライダ2と磁気ディスク1の接触に伴って発生する音響弾性波(アコースティック・エミッション、以下AEという)を検出し、これに応じた電気信号を出力するものである。

[0010] 20はAEセンサ12の出力信号を増幅する広帯域アンプ、30は前記広帯域アンプ20の出力信号から接触検査に必要な周波数成分を取り出すフィルタ回路、50はフィルタ回路30の出力信号を表示するオシロスコープである。

[0011] 以下、この接触検査装置の動作について説明する。従来のこのような接触検査装置は、CSS(コンタクト・スタート・ストップ)方式といわれる起動停止方式を採用した磁気ディスク装置の、スライダ2と磁気ディスク1との接触状態を検査するために考案されたものであり、スピンドル3の停止時は、磁気ディスク1はスライダ2と接触している。スライダ2は磁気ディスク1の記録再生面に対向する面に空気潤滑面を有しており、スピンドル3が回転し始めると、磁気ディスク1の回転にともない発生する空気流を、スライダ2と磁気ディスク1との間に引き込み、次第に磁気ディスク1から浮上し始める。

[0012] また、ボイスコイルモータ5は、アーム6を動かし、スライダ2を磁気ディスク1の略半径方向の所定位置まで移動する。ここで、スピンドル3が一定速度(例えば5400rpm)で高速回転するようになると、スライダ2は磁気ディスク1との間に形成される自己加圧式の空気潤滑膜を維持することによって、磁気ディスク1に対して略一定の間隔を保持しながら浮上した状態となる。スピンドル3が停止すると、再びスライダ2は磁気ディスク1に接触する。このように、磁気ディスク1の停止時はスライダ2と接触し、磁気ディスク1の回転中は、スライダ2は浮上して両者1、2は非接触の状態になる。

[0013] そして、このようにスピンドル3の回転開始過程および停止過程では、スライダ2と磁気ディスク1とが摺動接触しているので、これに伴ってAEが発生し、このAEがAEセンサ12で検出される。また、磁気ディスク1が回転中であっても、スライダ2へのゴミの付着やスライダ2や磁気ディスク1の形状的欠陥などに起因して、スライダ2が磁気ディスク1と接触した際には、これに伴ってAEが発生し、このAEがAEセンサ12で検出される。

[0014] このときのAEセンサ12からの検出信号の電圧は、数マイクロボルトから数百マイクロボルト程度と非常に微弱であるが、その中にはスライダ2と磁気ディスク1との間で

発生した接触にかかる情報が含まれている。

- [0015] そこで、AEセンサ12の検出出力は、広帯域アンプ20によって観測可能なレベルまで(例えば40dB～60dB)増幅された後、フィルタ回路30でノイズ成分が除去され、オシロスコープ50に表示される。
- [0016] こうして、オシロスコープ50で表示されたAEセンサ12の出力信号の波形の観察に基づいて、接触の強度、接触の持続時間等を評価する。
- [0017] 以上、現在一般的に用いられている接触検査装置について示したが、AEセンサ12をアーム6上に搭載している場合、スライダ2と磁気ディスク1との接触によって発生したAEのみならず、アーム6の振動や、スライダ2の振動も同時にAEセンサ12が検出することになる。そこで特開2000-173032号公報により開示されているように、スライダ2と磁気ディスク1の接触状態をより精密に測定する方法として、磁気ディスク1側にAEセンサ12を搭載し、AEセンサ12の検出信号をスリップリングを介して広帯域アンプ20に伝送することによって、アーム6の振動やスライダ2の振動がAEセンサ12によって検出されないようにした接触検査装置が考案されている。なお、特開2000-173032号公報では、磁気ディスク側に搭載したAEセンサ12の検出信号は、ロータリートランスを用いても伝送可能であることを提案している。
- [0018] 以下、図13、図14を用いて特開2000-173032号公報で開示されているロータリートランスを用いて検出信号を伝送する手法を説明する。
- [0019] 図13はロータリートランスを用いて構成した接触検査装置のブロック図、図14は図13に示した接触検査装置に使用しているスピンドル3の断面図である。
- [0020] 図14において、3aはシャフト3cを有するローターであり、このシャフト3cはステーター3bに固定されたラジアル軸受3dにより回転可能に支持されている。
- [0021] 3g、3fはそれぞれ前記ラジアル軸受3dの外側とローター3aに、互いに対向するように配置されたロータリートランス、3n、3mはロータリートランス3g、3fの一次側と二次側の接続端子である。3hはローター3aに取り付けられた環状の永久磁石、3iは前記永久磁石に3hに対向してステーター3bに固定されたコイルであり、この両者でモーターを構成している。
- [0022] そして、シャフト3cおよびスラスト軸受3eにはグループ(溝)が形成され、軸受部に

オイルを充填した流体軸受の構成となっている。このとき、シャフト3cとラジアル軸受3dおよびスラスト軸受3eの間は、回転によるオイルの動圧によって非接触に保たれる。

[0023] このように、図14のスピンドル3は、流体軸受構造となっているため、ボールベアリング等を用いた接触型の軸受と異なり、スピンドル3の回転によるローターとステーターの摺動が発生しない。また、ロータリートランス3g、3fによってローター3a側から非接触で回転体外部に電気信号を取り出すことも可能となっている。

[0024] したがって、このようなスピンドル3を使用する場合には、磁気ディスク1側に搭載したAEセンサ12の出力端子をロータリートランス3fの一次側の接続端子3mに接続する一方(3f'への矢印参照)、ロータリートランス3gの二次側の接続端子3nを3g'の矢印から広帯域アンプ20の入力端子と接続することによって、AEセンサ12からの検出信号を外部の測定回路系に非接触で取り出すことができる。

[0025] この構成とすれば、スリップリングとブラシとの摺接によって発生する機械的ノイズがAEセンサ12の検出信号に重畠する恐れもないため、よりいつそう高い精度が実現できるという利点がある。

[0026] 近年の磁気ディスク装置の起動停止方式は、磁気ディスク1面に対してスライダ2をダイレクトロードおよびダイレクトアンロードする方式、いわゆるランプロード方式が一般化されつつあり、ダイレクトロード過程およびダイレクトアンロード過程における磁気ディスク1とスライダ2との接触状態を把握する方法が望まれている。

[0027] しかしながら、ダイレクトロードおよびダイレクトアンロードは、アーム6の回動をともなう動作であるため、アーム6あるいはスライダ2の振動が発生してしまい、アーム6上にAEセンサ12を搭載した現在一般的に使用されている接触検査装置では、スライダ2と磁気ディスク1との接触を評価することは非常に困難である。

[0028] また、CSS方式に比べ、ランプロード方式のダイレクトロード過程およびダイレクトアンロード過程におけるスライダ2と磁気ディスク1との接触にともなうAEは、強度で数分の1から数十分の1、持続時間にいたっては1ms程度と非常に短くなるため、磁気ディスク1側にAEセンサ12を搭載した場合でも、出力電圧、時間応答性とも非常に高い精度で測定する必要がある。この際、スリップリングを介した伝送方式では、スリ

ツプリングとブラシとの間で発生する摺動ノイズの影響が大きく、検出信号を正確に捉えられない。またロータリートラnsを用いる場合でも、AEセンサ12に代表される圧電素子は一般的に非常に大きい内部インピーダンスを保有しており、その伝送系には、最適な設計が必要とされる。

[0029] また、ダイレクトアンロード過程では、スライダ2と磁気ディスク1との間に形成されている空気潤滑膜を引き剥がすことになるため、スライダ2に磁気ディスク1方向への力、いわゆるスクイーズ力が作用する。ダイレクトアンロード過程におけるスライダ2と磁気ディスク1の接触モードには、このスクイーズ力の作用によって、空気潤滑膜を引き剥がす過程においてスライダ2と磁気ディスク1とが接触する第1のモードと、空気潤滑膜を引き剥がした後、スライダ2を支持してあるアーム6が空気潤滑膜を引き剥がしたことによって振動してしまい、このアーム6の振動によってスライダ2が磁気ディスク1と接触してしまう第2のモードがある。しかしながら従来の手法においては、この2つのモードを分離し評価することが不可能であった。

[0030] 本発明はこのような不都合に鑑みて創案されたものであって、回転体としての磁気ディスク1側にAEセンサ12を搭載した接触検査方法および装置において、ロータリートラnsとAEセンサ12を含んでなる電気回路の特性の最適化を行い、スライダ2と磁気ディスク1との接触測定を従来よりも高精度で実現できるようにすることを課題とする。また、ダイレクトアンロード過程におけるスライダ2と磁気ディスク1との接触モードを特定し、分離評価できるようにすることを課題とし、本発明は磁気ディスク1側にAEセンサ12を搭載する手法により、ダイレクトアンロード過程におけるスライダ2と磁気ディスク1との接触モードを特定し、分離評価できるよう提案する。

発明の開示

[0031] 本発明の接触検査方法は、回転する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して記録、再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備してサスペンションにより磁気ディスクに押圧されるスライダと、サスペンションを保持するスライダ保持機構と、磁気ディスクに取り付けられ磁気ディスクの振動を検出する磁気ディスク側検出素子と、スライダ、サスペンションあるいはスライダ保持機構に取り付けられたスライダ側検出素子とを有し、磁気ディスク側検出素子およびスライダ側検出素子の検出出力に基づいて、磁気

ディスク、スライダおよびサスペンションの振動状態を検査する接触検査方法である。複数の種類の振動の中からスライダと磁気ディスクの接触による振動を検出するためには、磁気ディスク側検出素子の検出出力の極大値とスライダ側検出素子の検出出力の極大値との時間差を求め、スライダと磁気ディスクの接触状態を判定してその接触強度を評価することを特徴とする。

[0032] 本発明の第1の接触検査装置は、回転する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して記録、再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備してサスペンションにより磁気ディスクに押圧されるスライダと、サスペンションを保持するスライダ保持機構と、磁気ディスクに取り付けられ磁気ディスクの振動を検出する磁気ディスク側検出素子と、スライダ、サスペンションあるいはスライダ保持機構に取り付けられたスライダ側検出素子とを有し、前記磁気ディスク側検出素子および前記スライダ側検出素子の検出出力に基づいて、磁気ディスク、スライダおよびサスペンションの振動状態を検査する接触検査装置であり、複数の種類の振動の中からスライダと磁気ディスクの接触による振動を検出するために、磁気ディスク側検出素子の検出出力の極大値とスライダ側検出素子の検出出力の極大値との時間差を求める計測手段を備えていることを特徴とする。この発明によれば、ランプロード方式におけるダイレクトアンロード過程で生じるスライダと磁気ディスクとの接触のモードを特定した上で、各出力の時間差を計測することにより、正確な評価を行うことができるという優れた効果が得られる。

[0033] 本発明の第2の接触検査装置は、回転保持機構に固定され回転する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して記録／再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備したスライダと、回転保持機構に取り付けられ磁気ディスクの振動を検出する検出素子を有し、その検出素子の検出出力に基づいて前記磁気ディスクの振動状態を検査する接触検査装置であり、回転保持機構の磁気ディスク固定部は磁気ディスク面に平行なAE伝達平板より構成されており、AE伝達平板の磁気ディスク接触面と反対の面に前記検出素子が固着されていることを特徴とする。この発明によれば、ディスクの置換が容易でかつ、ディスクと圧接することによりディスクとの密着性も確保され、振動の減衰を抑制することが可能になるという優れた効果が得られる。

[0034] 本発明は、上記の課題を解決するために、回転する回転体に、その回転体の振動

に応じた検出出力を発生する検出素子を取り付け、前記検出出力をロータリートランスを介して固定部に伝送し、その伝送された検出出力に基づいて前記回転体の振動状態を検査する接触検査方法であって、前記ロータリートランスのインピーダンスは、少なくとも前記検出素子の有効感度帯域の一部において、前記検出素子が所定の出力を取得するに十分なインピーダンスが確保されていることを特徴とする接触検査方法であり、検出素子で検出された出力信号の減衰を抑制することで、よりいつそ高い感度で振動が検出できるという優れた効果が得られる。

[0035] また、本発明に係る接触検査方法は、回転する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して記録、再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備してサスペンションにより前記磁気ディスクに押圧されるスライダと、前記サスペンションを保持するスライダ保持機構と、前記磁気ディスクに取り付けられ前記磁気ディスクの振動を検出する磁気ディスク側検出素子と、前記スライダあるいは前記サスペンションあるいはスライダ保持機構に取り付けられたスライダ側検出素子とを有し、前記磁気ディスク側検出素子および前記スライダ側検出素子の検出出力に基づいて、前記磁気ディスクおよび前記スライダおよび前記サスペンションの振動状態を検査する接触検査方法であって、複数の種類の振動の中から前記スライダと前記磁気ディスクの接触による振動を検出するために、前記磁気ディスク側検出素子の検出出力の極大値と前記スライダ側検出素子の検出出力の極大値との時間差を求める計測手段を備えていることを特徴とする接触検査方法であり、この発明によれば、ランプロード方式におけるダイレクトアンロード過程で生じるスライダと磁気ディスクとの接触のモードを特定した上で、評価することができるという優れた効果が得られる。

[0036] あるいは、本発明に係る接触検査装置は、回転保持機構に固定され回転する磁気ディスクと、この磁気ディスクに対して記録／再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備したスライダと、回転保持機構に取り付けられ前記磁気ディスクの振動を検出する検出素子を有し、その検出素子の検出出力に基づいて前記磁気ディスクの振動状態を検査する接触検査装置であって、前記回転保持機構の磁気ディスク固定部は前記磁気ディスク面に平行なAE伝達平板より構成されており、AE伝達平板の前記磁気ディスク接触面と反対の面に前記検出素子が固着されていることを特徴とする接触

検査装置であり、この発明によれば、ディスクの置換が容易でかつ、ディスクと圧接することによりディスクとの密着性も確保され、振動の減衰を抑制することが可能になるという優れた効果が得られる。

[0037] 以上のように、本発明による接触検査方法および検出装置によれば、回転体側に搭載した検出素子で検出された出力信号の伝達経路での減衰を抑制することで、よりいつそう高い感度でAEが検出できる。あるいは、検出素子で検出された出力信号を増幅することも可能となり、よりいつそう高い感度でAEが検出できる。

[0038] さらに、ランプロード方式におけるダイレクトアンロード過程で生じるスライダと磁気ディスクとの接触のモードを特定した上で、評価すること、あるいは、磁気ディスク1の置換が容易でかつ、磁気ディスク1と圧接することにより磁気ディスク1との密着性も確保され、AEの減衰を抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0039] 図1は、本発明の実施の形態1による接触検査装置のブロック図である。

[0040] 図2は、本発明の実施の形態1による接触検査装置の断面図である。

[0041] 図3は、本発明の実施の形態1において使用するAEセンサの出力一周波数特性を示す図である。

[0042] 図4は、本発明の実施の形態1において使用するAEセンサのインピーダンスを示す図である。

[0043] 図5は、本発明の実施の形態1において使用するロータリートランスのインピーダンスを示す図である。

[0044] 図6は、本発明の実施の形態1において使用するAEセンサとロータリートランスとからなる回路のインピーダンスを示す図である。

[0045] 図7は、本発明の実施の形態1において使用するAEセンサの出力線図である。

[0046] 図8は、本発明の実施の形態2による接触検査装置のブロック図である。

[0047] 図9は、本発明の実施の形態2において使用するサスペンションの平面図である。

[0048] 図10は、本発明の実施の形態2において使用するサスペンションの分解斜視図である。

[0049] 図11a-11dは、本発明の実施の形態2によるアンロード過程を模式的に示す側面

図である。

- [0050] 図12は、従来の接触検査装置のブロック図である。
- [0051] 図13は、従来の磁気ディスク側からAEを検出する接触検査装置のブロック図である。
- [0052] 図14は、図13に示した接触検査装置のスピンドル断面図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0053] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

[0054] (実施の形態1)

この発明の実施の形態1について、図1ないし図7を参照して説明する。

- [0055] 図1は本実施の形態1の接触検査装置を示すブロック図であり、図12から図14に示した従来技術と対応する部分には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。
- [0056] 図1において、1は磁気ディスク、2はスライダ、4はサスペンション、5はボイスコイルモータ、6はアーム、7はスピンドル駆動回路、8はアクチュエータ駆動回路、9はディスククランプ、10は筐体であり、磁気ディスク1はディスククランプ9によって筐体10内のスピンドル(図示せず)に固定されている。20は広帯域アンプ、30はフィルタ回路、40はフィルタ回路30の出力信号からAEセンサ12の実行値電圧を演算する実行値演算手段としての実行値演算回路、70は各駆動回路7、8を制御するとともに、各種の演算処理を実行するパーソナルコンピュータなどからなる演算制御回路である。
- [0057] 図2は同接触検査装置の断面図であり、図2において、33aはローター、33bはステーター、33cはスピンドル(図示せず)から伸びるシャフト、33gはローター側トランス、33fはステーター側トランスであり、ローター側トランス33gはローター33a、ステーター側トランス33fはステーター33bにそれぞれ固定されており、微小な隙間を保ち平面対向することでロータリートランス33hを構成している。
- [0058] 磁気ディスク1の下面とローター33aとの間には環状のAE伝達平板11が挟み込まれており、磁気ディスク1をローター33aに固定する際、ディスククランプ9をねじで固定することにより、AE伝達平板11は磁気ディスク1と密着する。このときAEの減衰を抑制するためには磁気ディスク1とAE伝達平板11との密着性を高める必要があるが、本実施の形態1ではAE伝達平板11は磁気ディスク1と同一の表面状態を持つもの

したので、その表面あらさはRa<0.3nm、また表面あらさより厚い2nm厚の潤滑剤が塗布されている。磁気ディスク1の表面も同様の構成であるので、ディスククランプ9により圧接することで、磁気ディスク1とAE伝達平板11とは、その表面の平滑性と潤滑膜の作用によって、密着性が確保される。AE伝達平板11の下面にはAEセンサ12がエポキシ系接着剤等により接着されており、スライダ2と磁気ディスク1との接触によって磁気ディスク1に発生したAEは、AE伝達平板11を介してAEセンサ12で電圧値として検出される。

[0059] AEセンサ12の検出信号は、ローター側トランス33gからステーター側トランス33fに伝達され、図2の矢印からスピンドル外部の測定回路系に取り出される。取り出されたAEセンサ12の信号は、実行値電圧の検算に十分な電圧を得るため、広帯域アンプ20によって40dBから60dB程度増幅される。このとき、広帯域アンプ20には周波数レンジで、例えば100Hzから10MHzといったものを使用する。このような帯域を持ったアンプを使用すれば、測定するAE信号の周波数が、数十kHzから数MHz程度であるので、信号を少しも損なうことなく増幅することが可能である。さらに、広帯域アンプ20で増幅された出力信号は、フィルタ回路30によって例えば100kHzを遮断周波数として低域の不要な周波数成分が除去された後、実行値演算回路40に入力される。

[0060] 実行値演算回路40は、フィルタ回路30を通過した信号から、AEセンサ12の検出信号の実行値電圧が演算され、この値が演算制御回路70に与えられる。

[0061] ここで図3はAEセンサ12の検出感度曲線を示したものである。図3から、本実施の形態1で用いているAEセンサ12は、600kHz～700kHz付近で最大感度を持ち、略300kHzから略2MHzの周波数範囲においては最大感度の10分の1以上の感度が確保できていることがわかる。また、その他の周波数帯域では急激に感度が低下していることもわかり、AEセンサ12が実質的にAEを検出できる有効感度帯域は、300kHzから2MHzであると考えられる。

[0062] 上述のAEセンサ12の特性を踏まえ、本実施の形態1における接触検査装置は300kHzから2MHzのAEによる出力電圧をロータリートランス33hを介して良好に広帯域アンプ20に伝送できるように作成した。

[0063] 図4はAEセンサ12の内部インピーダンスの測定結果であり、その周波数特性からキャパシタンスが支配的であることがわかる。また、有効感度帯域である300kHzから2MHzの範囲では300kHzと600kHz付近において1. 5kΩの最大インピーダンスを持つ。

[0064] 図5は本実施の形態1で用いたローター側トランス33gの内部インピーダンスの測定結果である。ロータリートランス33hを構成するローター側トランス33gおよびステーター側トランス33fは、それぞれフェライト系材料からなるコアに直径0. 14mmのエナメル被服銅線を用いて直径20mm、20巻のコイルを形成することで作成し、同一の構成とした。なお、ローター側トランス33gのインピーダンス測定はステーター側トランス33fを対向させ磁気回路を形成した状態で測定している。

[0065] 図6はAEセンサ12とローター側トランス33gとからなる電気回路のインピーダンス測定結果であり、測定の際にはローター側トランス33gの内部インピーダンス測定と同様にステーター側トランス33fを対向させている。図6から400kHzにおいてインピーダンスは非常に小さくなっており共振していることがわかる。

[0066] 図7は打診法によりAEセンサ12の接着面を加振し、AEセンサ12の出力を広帯域アンプ20を介して測定した結果である。図7において、実線で示してあるのは本実施の形態1におけるAEセンサ12の出力信号をロータリートランス33hを介して広帯域アンプ20に伝達した場合の出力結果、破線で示してあるのがAEセンサ12の出力信号を直接広帯域アンプ20に伝達した場合の出力結果である。図7からロータリートランス33hを介して広帯域アンプ20に伝達した場合の出力は、直接広帯域アンプ20に伝達した場合の出力と比べると、300kHz以上の領域においては同等以上の出力を得ていることがわかる。また、回路共振をおこしている400kHzにおいては直接伝達した場合よりも10dB程度増幅されていることがわかる。

[0067] 以上のように、本実施の形態1における接触検査方法は、ロータリートランス33hを構成するローター側トランス33g、ステーター側トランス33fのインピーダンスを最適化することにより、AEセンサ12の有効感度帯域である300kHzから2MHzの信号を減衰させることなく広帯域アンプ20に伝達することが可能である。

[0068] ローター側トランス33g、ステーター側トランス33fのインピーダンスを最適化する際

には、本実施の形態1のように、ローター側トランス33gのインピーダンスは、少なくとも有効感度帯域の一部において圧電素子のインピーダンスより大きいことが望ましい。さらに有効感度帯域の下限周波数において、少なくとも圧電素子のインピーダンスの2分の1以上が確保されていることが望ましい。さらに圧電素子が最大感度を有する周波数において、圧電素子のインピーダンスより大きいことが望ましい。

[0069] さらに、本実施の形態1における接触検査方法によれば、回路共振を利用することにより、回路共振を起こしている400kHzにおいては、ロータリートランス33hを介さず直接伝達した場合よりも10dB程度感度が高くできている。

[0070] 本実施の形態1におけるAEセンサ12は600kHz～700kHzにおいて感度が最も高く、有効感度帯域は300kHzから2MHzであるが、一般的にAEセンサは機械的共振周波数で最大感度を持ち、その前後の周波数帯域である程度の感度を有するという特徴がある。AEセンサの機械的共振周波数はAEセンサの大きさに依存するが、一般的には100kHzから1MHz程度にある。また、その前後において有効感度帯域を有し、その帯域は100kHzから2MHz程度である。したがって、AEセンサとロータリートランスとからなる電気回路の共振周波数はAEセンサの有効感度帯域である100kHzから2MHzにあることが望ましく、さらには最大感度を有する100kHzから1MHzにあることが望ましい。

[0071] さらに、本実施の形態1における接触検査装置によれば、AEセンサ12をAE伝達平板11に固定してあるので、磁気ディスク1を交換する毎に、AEセンサ12を磁気ディスク1に固定しなおす必要がなく、簡便に磁気ディスク1の交換が可能である。また、本実施の形態1のようにAE伝達平板11表面は平滑であることが望ましく、また表面あらさよりも厚い液体膜が塗布されていることが望ましい。このように構成した際には、磁気ディスク1の置換が容易でかつ、磁気ディスク1と圧接することにより磁気ディスク1との密着性も確保され、AEの減衰を抑制することが可能となる。

[0072] (実施の形態2)

本実施の形態2における接触検査装置のブロック図を図8に示す。図8に示す接触検査装置は、基本的には実施の形態1で図1に示した接触検査装置と同様であるが、アーム6側にもAEセンサ12bが固定されている。また、13はランプブロックであり、

アーム6が回動することでサスペンション4がランプブロック13に昇降し、スライダ2を磁気ディスク1へダイレクトロードあるいはダイレクトアンロードさせる構成となっている。図8において、12bはアーム6に接着固定されたAEセンサである。20bはAEセンサ12bからの信号を増幅する広帯域アンプ、30bは広帯域アンプ20bからの信号のフィルタ回路、40bはフィルタ回路30bからの信号の実行値電圧を演算する実行値演算手段としての実行値演算回路、70は各駆動回路7、8を制御するとともに、各種の演算処理を実行するパーソナルコンピュータなどからなる演算制御回路である。

[0073] そして、この演算制御回路70は、AEセンサ12とAEセンサ12bとの検出出力のアナログ信号からデジタル信号への変換手段、ならびに極大値の時間差演算手段を兼用している。

[0074] 図9は本実施の形態2におけるスライダ2を磁気ディスク1に押圧するためのサスペンション4を磁気ディスク1側から見た詳細図であり、図10は図9のサスペンション4の分解斜視図である。図9および図10において、サスペンション4は、スライダ2を先端部近傍で担持した可撓性の基盤14および配線構造体15を備えたフレクシャ16と、磁気ディスク1に沿う方向に設けられフレクシャ16の先端部を支持するロードビーム17とを有している。ロードビーム17はベースプレート18を介してアーム6(図示せず)に取り付けられている。フレクシャ16は、ロードビーム17の磁気ディスク1対向面にスポット溶接23、24により接合されている。またロードビーム17には磁気ディスク1側に突出したディンプル19が形成されており、このディンプル19によってフレクシャ16に担持されたスライダ2は可撓性を確保した状態で磁気ディスク1に押圧される。

[0075] また、サスペンション4の先端部に機構長手方向に凸状にタブ22が延出していて、このタブ22がランプブロック13に乗り上げるようにしている。

[0076] 図11a-11dはアンロード過程のサスペンション4の状態を示す模式図である。以下、この図を用いてアンロード過程の説明をする。

[0077] 図11aはスライダ2が磁気ディスク1上にロードされている状態を示しており、スライダ2はサスペンション4によって磁気ディスク1側に押圧されているが、磁気ディスク1の回転にともなう空気流により10nmといった微小隙間を保ち、磁気ディスク1表面から浮上している。

[0078] 図11bはアンロード過程の初期における状態である。サスペンション4は、タブ22がランプブロック13に乗り上げることによって徐々に引き上げられるわけであるが、スライダ2には、スライダ2と磁気ディスク1との間の空気の作用によってスクイーズ力が発生し、スライダ2は磁気ディスク1側に吸引されることとなる。この際、いわゆるディンプルセパレーションが発生し、フレクシャ16を押圧していたディンプル19とフレクシャ16とが離間してしまうこととなる。

[0079] 図11cに示すようにある一定以上サスペンション4を引き上げると、スライダ2は磁気ディスク1からアンロードされ再びディンプル19とフレクシャ16とが接触した状態となる。これがいわゆるディンプルコンタクトである。

[0080] しかし、図11dに示すように、その後もフレクシャ16はそのばね性によって振動し、ディンプル19とフレクシャ16とは再度離間してしまい、この接触と離間は数度繰り返される。

[0081] 図11bあるいは図11dの状態ではスライダ2と磁気ディスク1とが接触する可能性があり、接触が発生すれば磁気ディスク1側に搭載したAEセンサ12で接触強度に応じたAEが検出される。この際アーム6に搭載したAEセンサ12bでもスライダ2と磁気ディスク1の接触にともなうAEは検出されるが、この状態はディンプル19とフレクシャ16とが離間したディンプルセパレーションの状態であるので、AEの伝達経路はフレクシャ16のみとなってしまい、可撓性を有したフレクシャ16でのAEの減衰は激しい。しかしながら、図11cに示したディンプルコンタクトによってディンプル19とフレクシャ16とが接触した際に発生するAEは、ロードビーム17を介して伝播するのでAEセンサ12bで非常に大きな出力として検出される。また、このAEは磁気ディスク1に伝播するところがないので、AEセンサ12においては検出されない。

[0082] つまり、スライダ2のアンロード過程におけるスライダ2と磁気ディスク1との接触状態は、図11bに示した第1の接触モードと図11dに示した第2の接触モードがあるわけであるが、本実施の形態2における接触検査方法においては、第1の接触モードと第2の接触モードの間にある図11cに示したディンプルコンタクトをAEセンサ12bで検出しているので、AEセンサ12からの検出信号とAEセンサ12bからの接触信号との時間差を演算制御回路70で演算処理し前後判定することにより、スライダ2と磁気ディスク1との接触状態を検出する。

イスク1との接触モードが第1の接触モードか第2の接触モードであるかを把握することができるようになる。

[0083] また、スライダ2と磁気ディスク1の接触にともなうAEを、アーム6側のAEセンサ12bで評価した場合にはサスペンション4の状態が変化することでAEの伝達経路に依存したAE減衰率が変化してしまうので、AEセンサ12bの検出出力からスライダ2と磁気ディスク1との接触強度を評価することは困難である。しかしながら本実施の形態2のように磁気ディスク1側に搭載したAEセンサ12で評価することにより、AEの伝達経路の変化はなくなり、検出出力からスライダ2と磁気ディスク1との接触強度を評価することが可能となる。

[0084] 本実施の形態2では、実行値演算回路40、40bでAEを電圧の実行値として評価する構成としたが、AEセンサ12、12bの出力電圧の評価手段はこの限りではなく、例えばエンベロープ演算手段によってエンベロープ出力として評価することも可能である。また本実施の形態2に示すように、AEセンサ12、12bの出力電圧をデジタル信号に変換し、評価する場合には、ダイレクトロード過程、ダイレクトアンロード過程で発生するAEの持続時間は1ms程度、また図11bの状態から図11cの状態へ、図11cの状態から図11dの状態への移行時間もそれぞれ1ms程度であるので、スライダ2と磁気ディスク1との接触にともなうAEを正確に把握するためには、少なくとも10kHz以上のサンプリング周波数で行うことが望ましい。

[0085] なお、実施の形態1および実施の形態2では、回転体として磁気ディスク1を例にとって説明したが、これに限定されるものではなく、光ディスクや光磁気ディスクなどにも適用できることは言うまでもなく、いかなる回転体の振動を検出する手法としても適用可能であることは勿論である。また振動検出素子として、AEセンサ12を設けた場合について説明したが、加速度センサなどを使用することも可能である。

請求の範囲

[1] 回転する磁気ディスク(1)と、この磁気ディスク(1)に対して記録、再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備してサスペンション(4)により前記磁気ディスク(1)に押圧されるスライダ(2)と、前記サスペンション(4)を保持するスライダ保持機構と、前記磁気ディスク(1)に取り付けられ前記磁気ディスク(1)の振動を検出する磁気ディスク側検出素子(12)と、前記スライダあるいは前記サスペンションあるいはスライダ保持機構に取り付けられたスライダ側検出素子(12b)とを有し、前記磁気ディスク側検出素子(12)および前記スライダ側検出素子(12b)の検出出力に基づいて、前記磁気ディスク(1)および前記スライダ(2)および前記サスペンション(4)の振動状態を検査する接触検査方法であって、複数の種類の振動の中から前記スライダ(2)と前記磁気ディスク(1)の接触による振動を検出するために、前記磁気ディスク側検出素子(12)の検出出力の極大値と前記スライダ側検出素子(12b)の検出出力の極大値との時間差を求め、前記スライダ(2)と前記磁気ディスク(1)の接触状態を判定してその接触強度を評価することを特徴とする接触検査方法。

[2] 前記磁気ディスク側検出素子(12)の検出出力および前記スライダ側検出素子(12b)の検出出力に基づいて検出出力の実行値を検算し、検算した検出出力の実行値に基づいて前記時間差を求ることを特徴とする請求項1に記載の接触検査方法。

[3] 前記磁気ディスク側検出素子(12)の検出出力および前記スライダ側検出素子(12b)の検出出力に基づいて検出出力のエンベロープを検算し、検算した検出出力のエンベロープに基づいて前記時間差を求ることを特徴とする請求項1に記載の接触検査方法。

[4] 前記磁気ディスク側検出素子(12)の検出出力は、前記磁気ディスク(1)に固着されたロータリートラス(33h)に接続され、前記ロータリートラスの入力インピーダンスは、少なくとも前記検出素子(12)がその最大感度の10分の1以上の感度を有する有効感度帯域の一部において、前記検出素子(12)のインピーダンスよりも大きくなるように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の接触検査方法。

[5] 前記検出素子(12)のインピーダンスをZ1、前記ロータリートラス(33h)の入力イ

ンピーダンスをZ2とした場合、前記有効感度帯域の下限周波数において、 $Z2 > 0.5 \times Z1$ であることを特徴とする請求項4に記載の接触検査方法。

- [6] 前記検出素子(12)のインピーダンスをZ1、前記ロータリートランス(33h)の入力インピーダンスをZ2とした場合、前記検出素子が最大感度を持つ周波数において、 $Z2 > Z1$ であることを特徴とする請求項4に記載の接触検査方法。
- [7] 前記検出素子(12)と前記ロータリートランス(33h)のローター側コイル(33g)とを含んで構成される電気回路の共振周波数が前記圧電素子(12)の前記有効感度帯域にあることを特徴とする請求項4に記載の接触検査方法。
- [8] 前記検出素子(12)と前記ロータリートランス(33h)のローター側コイル(33g)とを含んで構成される電気回路の共振周波数が、前記検出素子(12)の最大感度の10分の1以上の感度を有する有効感度帯域の範囲にあることを特徴とする請求項4に記載の接触検査方法。
- [9] 回転する磁気ディスク(1)と、この磁気ディスク(1)に対して記録、再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備してサスペンション(4)により前記磁気ディスク(1)に押圧されるスライダ(2)と、前記サスペンション(4)を保持するスライダ保持機構と、前記磁気ディスク(1)に取り付けられ前記磁気ディスク(1)の振動を検出する磁気ディスク側検出素子(12)と、前記スライダ(2)あるいは前記サスペンション(4)あるいはスライダ保持機構に取り付けられたスライダ側検出素子(12b)とを有し、前記磁気ディスク側検出素子(12)および前記スライダ側検出素子(12b)の検出出力に基づいて、前記磁気ディスク(1)および前記スライダ(2)および前記サスペンション(4)の振動状態を検査する接触検査装置であって、複数の種類の振動の中から前記スライダ(2)と前記磁気ディスク(1)の接触による振動を検出するために、前記磁気ディスク側検出素子(12)の検出出力の極大値と前記スライダ側検出素子(12b)の検出出力の極大値との時間差を求める計測手段を備えていることを特徴とする接触検査装置。
- [10] 前記スライダ(2)を前記磁気ディスク(1)にダイレクトロードあるいはダイレクトアンロードする機構を備え、前記計測手段はダイレクトロード過程あるいはダイレクトアンロード過程における計測を行う手段であることを特徴とする請求項9に記載の磁気ディスク装置の接触検査装置。

[11] 回転保持機構(3)に固定され回転する磁気ディスク(1)と、この磁気ディスク(1)に対して記録／再生の少なくとも一方を行うヘッドを具備したスライダ(2)と、回転保持機構(3)に取り付けられ前記磁気ディスク(1)の振動を検出する検出素子(12)を有し、前記検出素子(12)の検出出力に基づいて前記磁気ディスク(1)の振動状態を検査する接触検査装置であって、前記回転保持機構(3)の磁気ディスク固定部は前記磁気ディスク(1)面に平行なAE伝達平板(11)より構成されており、前記AE伝達平板(11)の前記磁気ディスク接触面と反対の面上に前記検出素子(12)が固着されていることを特徴とする接触検査装置。

[12] 前記検出素子(12)の検出出力は、前記磁気ディスク(1)に固着されたロータリートランス(33h)に接続され、前記ロータリートランス(33h)の入力インピーダンスは、少なくとも前記検出素子がその最大感度の10分の1以上の感度を有する有効感度帯域の一部において、前記検出素子(12)のインピーダンスよりも大きくなるように構成されていることを特徴とする請求項11に記載の接触検査装置。

[13] 前記AE伝達平板(11)と前記磁気ディスク(1)とは、前記回転保持機構(3)に前記磁気ディスク(1)を固定する手段によって圧接されることを特徴とする請求項11に記載の接触検査装置。

[14] 前記AE伝達平板(11)の前記磁気ディスク接触面の表面あらさは前記磁気ディスク表面あらさと同程度であることを特徴とする請求項11に記載の接触検査装置。

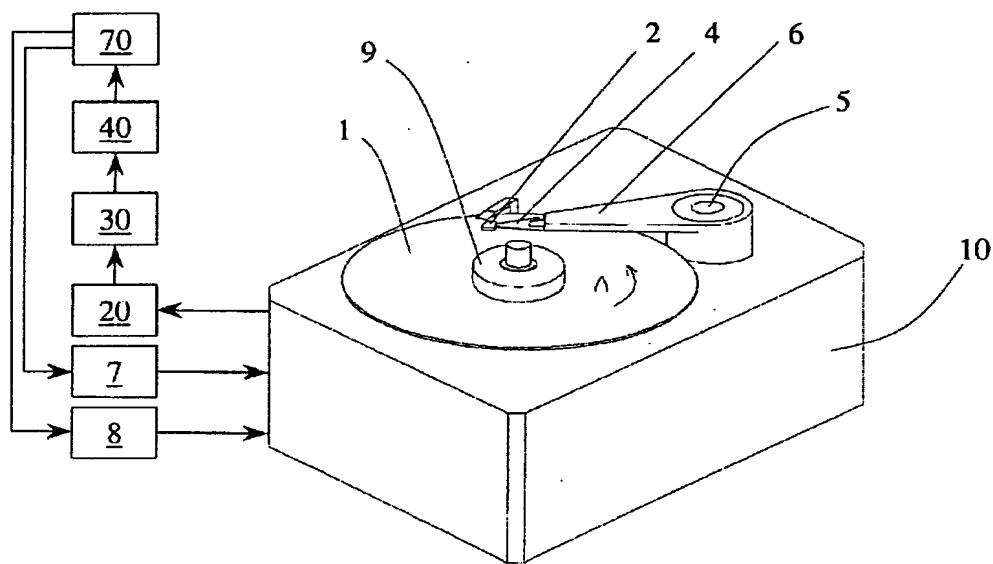
[15] 前記AE伝達平板(11)の前記磁気ディスク接触面の表面あらさは平均あらさで5nm以下であることを特徴とする請求項11に記載の接触検査装置。

[16] 前記AE伝達平板(11)の少なくとも前記磁気ディスク接触面には液体膜が塗布されていることを特徴とする請求項11に記載の接触検査装置。

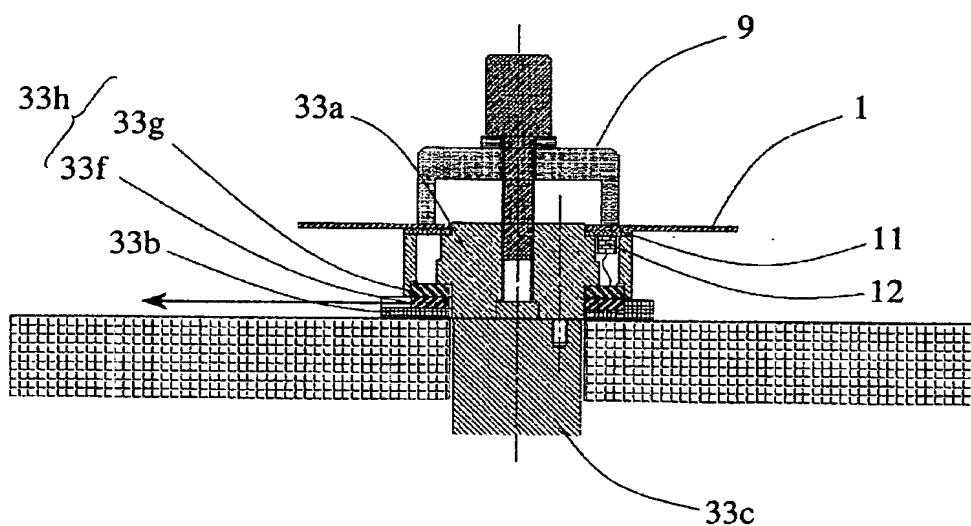
[17] 前記液体膜の膜厚は、前記磁気ディスク接触面の表面あらさよりも厚いことを特徴とする請求項16に記載の接触検査装置。

[18] 前記磁気ディスク表面および前記AE伝達平板(11)の前記磁気ディスク接触面には同一の潤滑剤が塗布されていることを特徴とする請求項11に記載の接触検査装置。

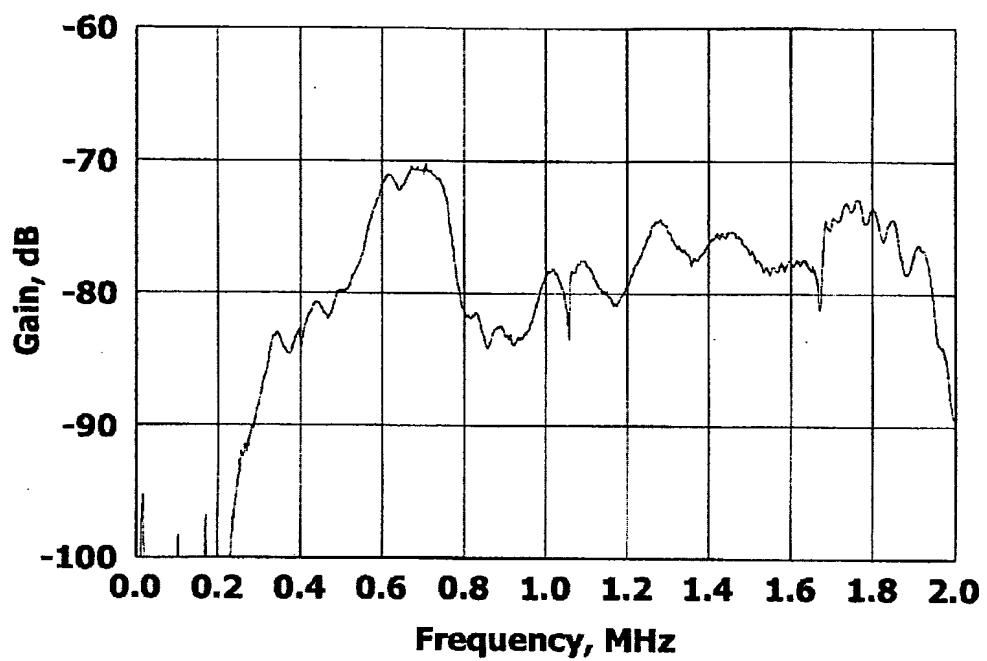
[図1]



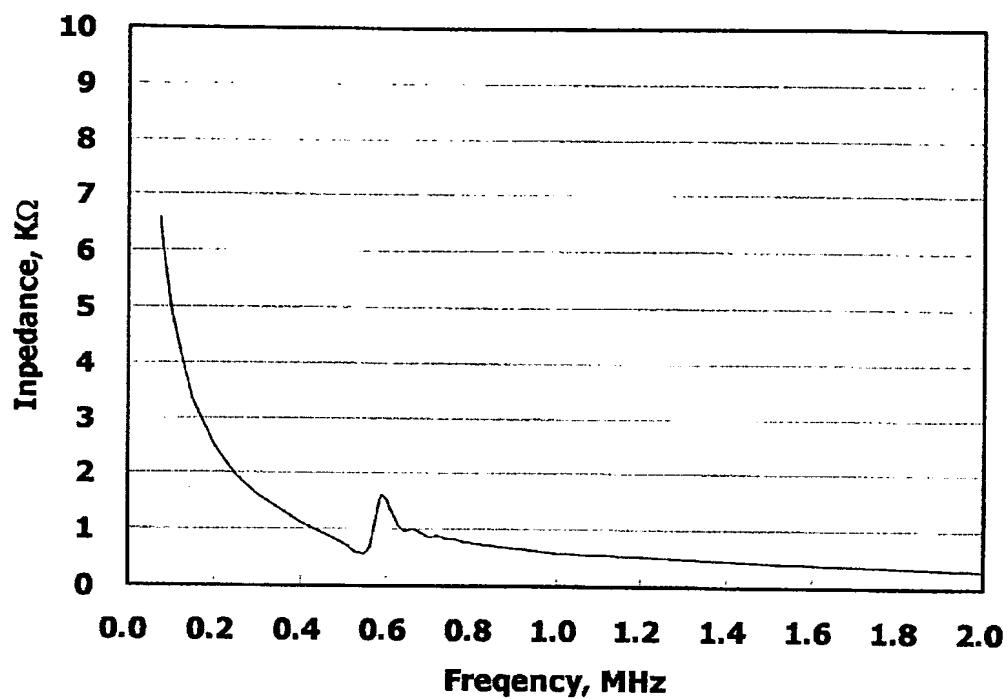
[図2]



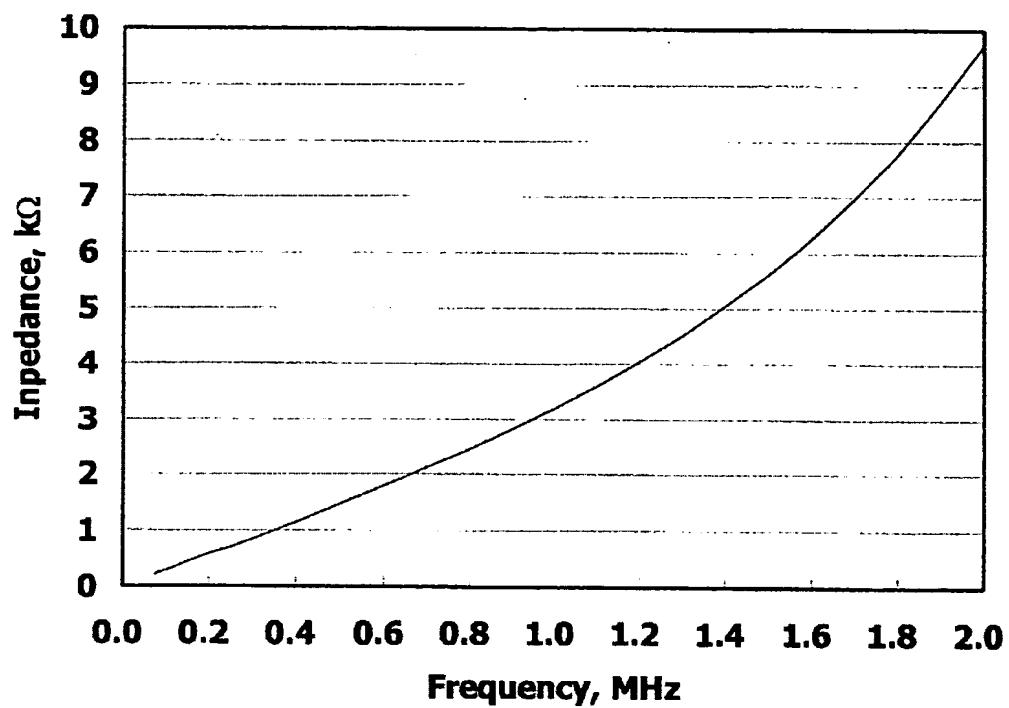
[図3]



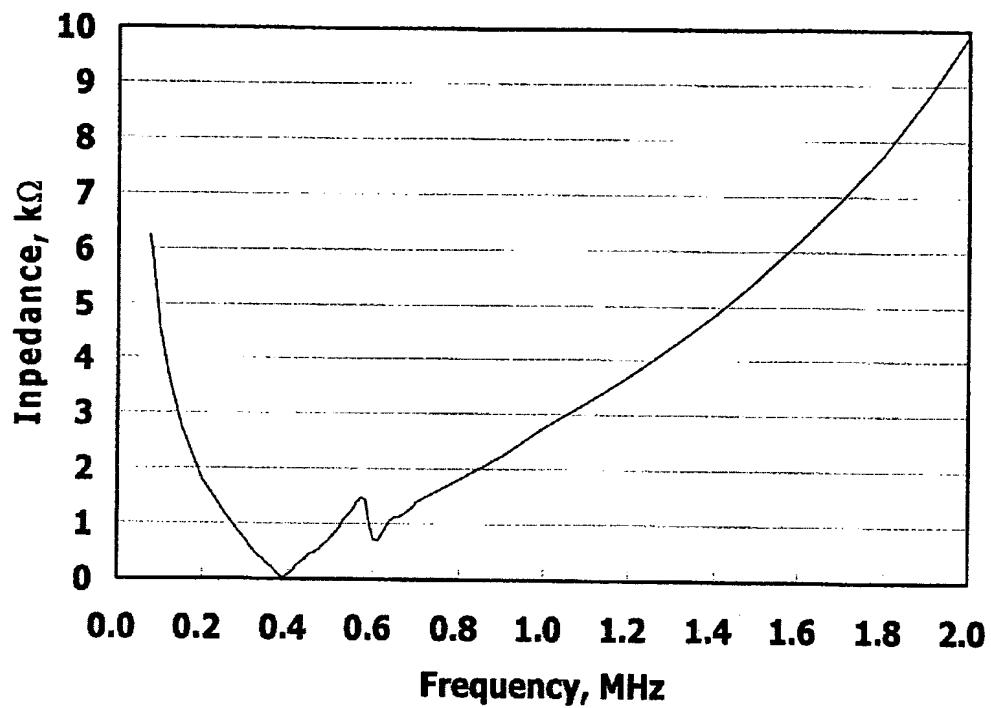
[図4]



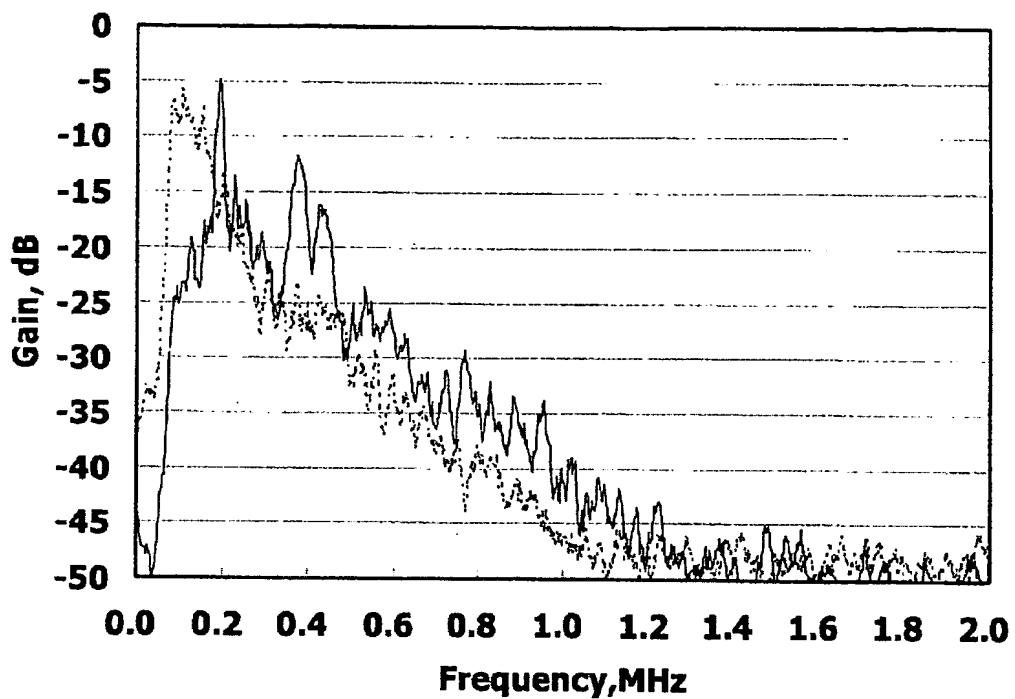
[図5]



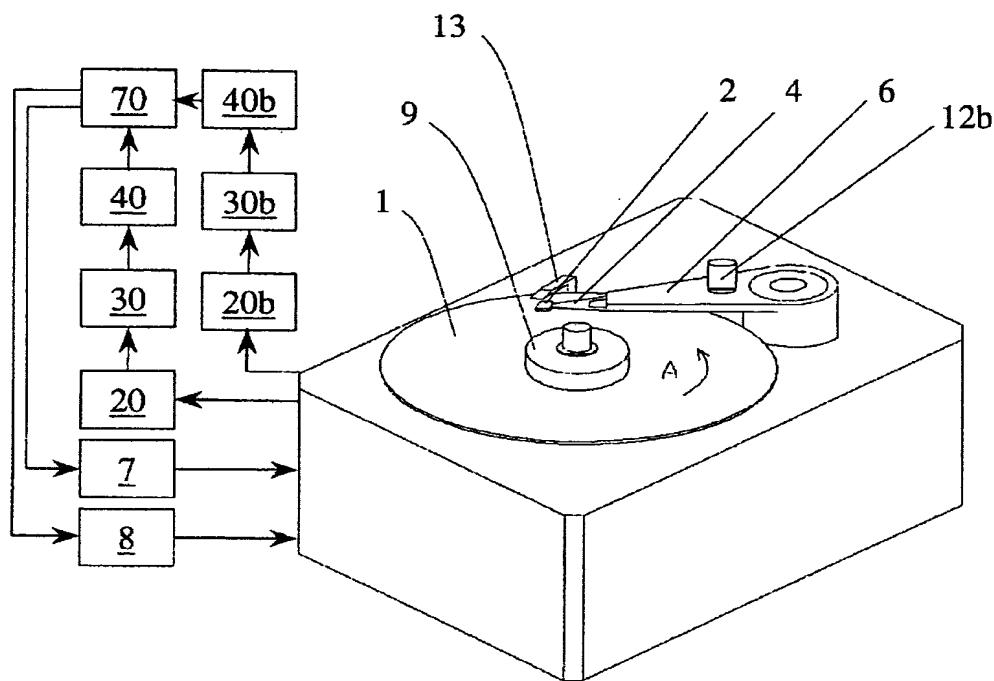
[図6]



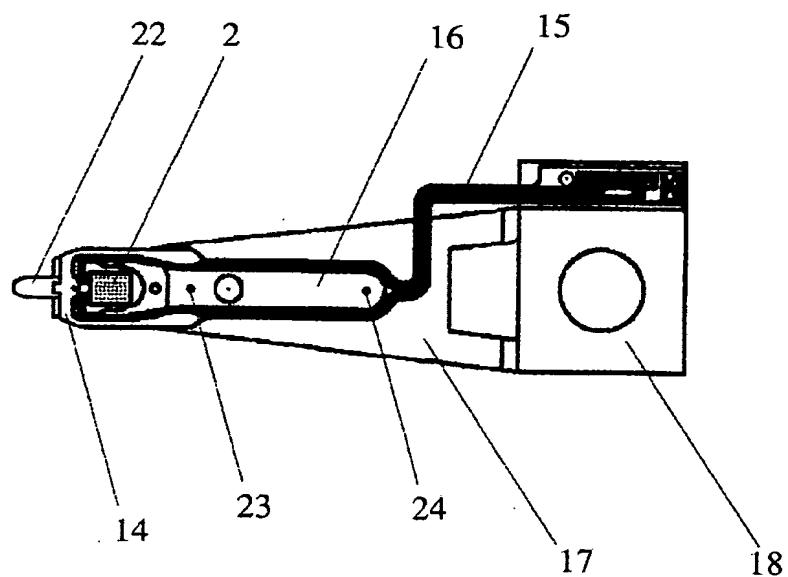
[図7]



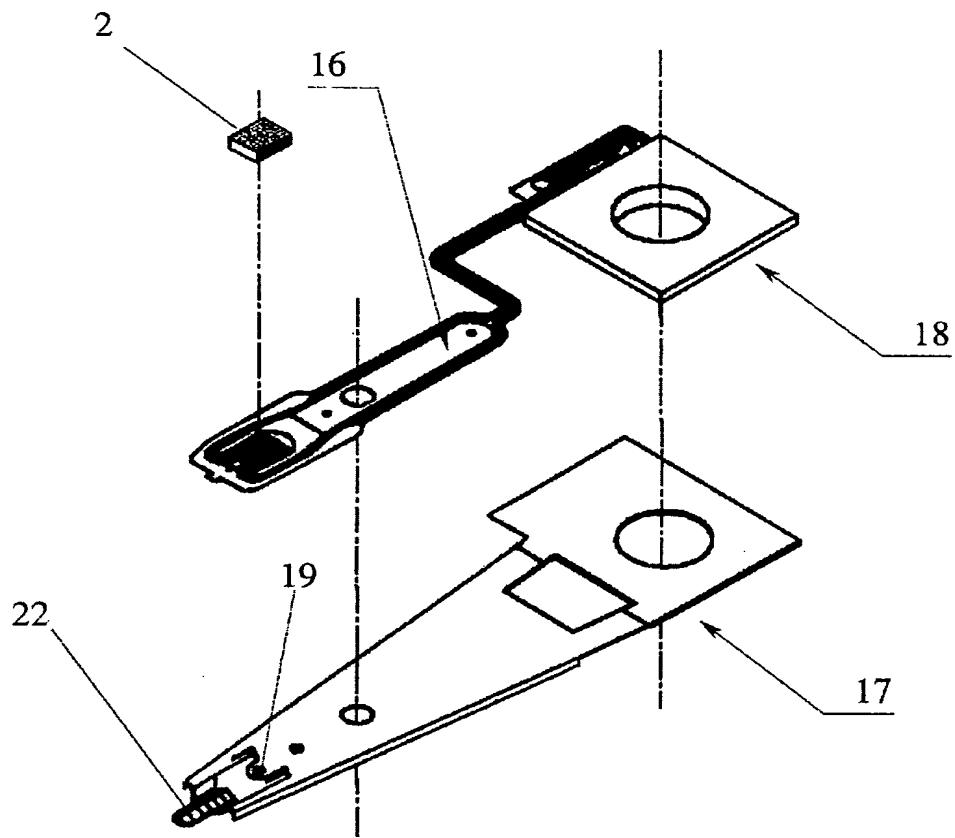
[図8]



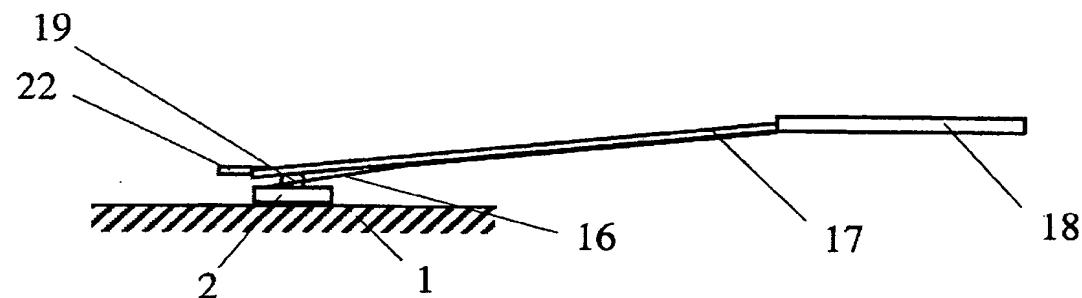
[図9]



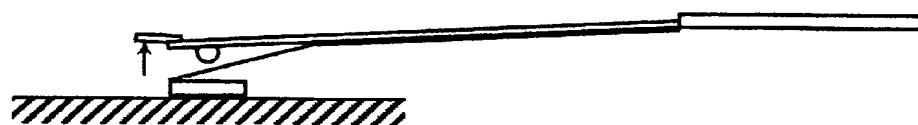
[図10]



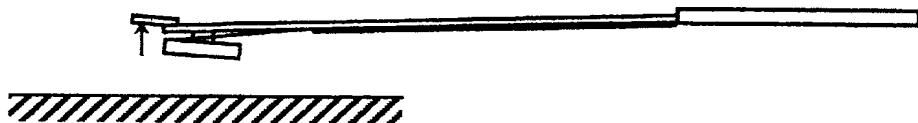
[図11a]



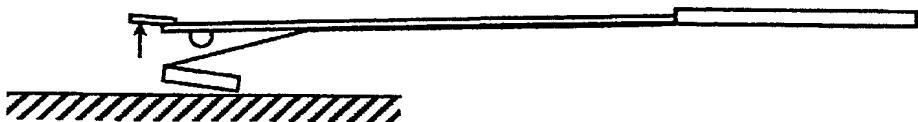
[図11b]



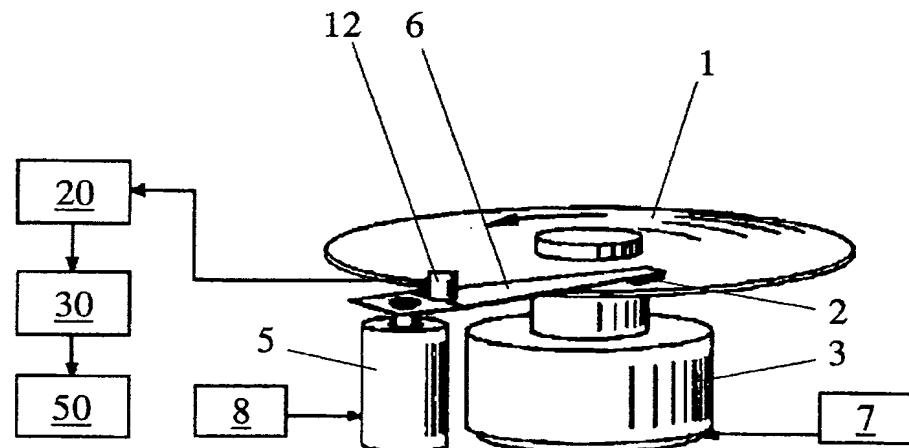
[図11c]



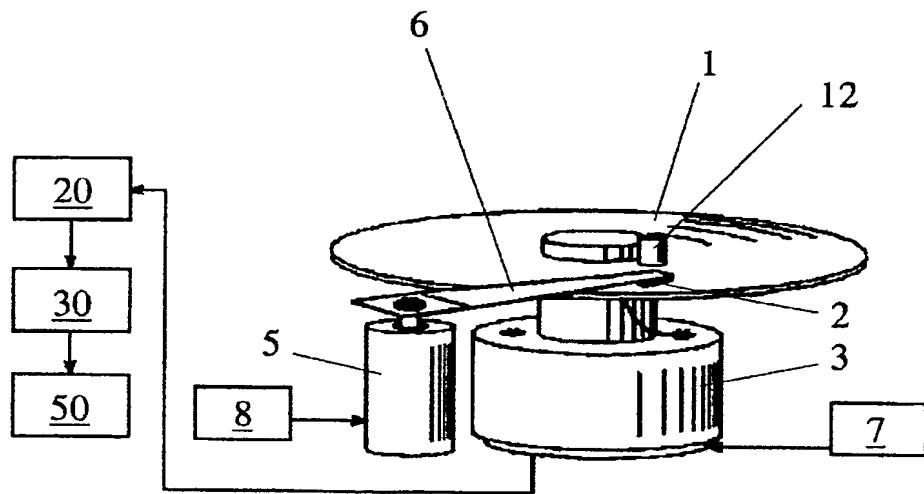
[図11d]



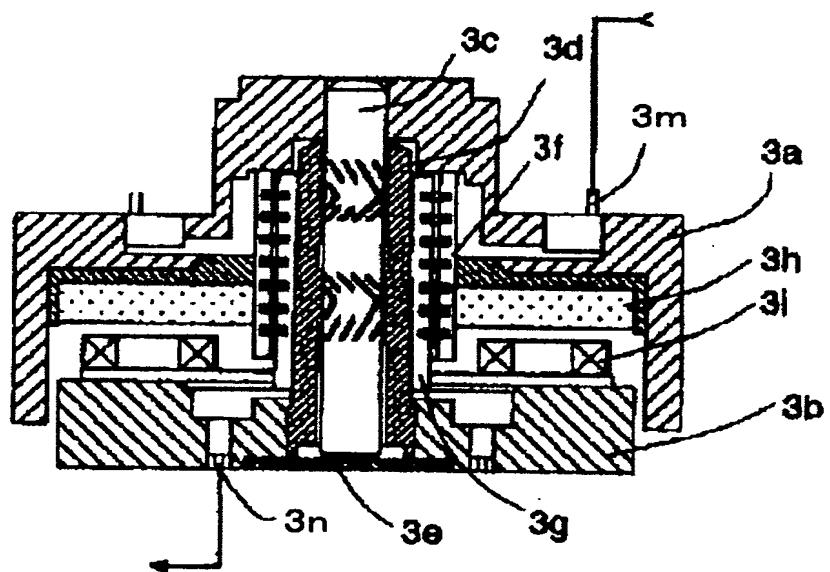
[図12]



[図13]



[図14]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
 - LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.